省エネ型の施設園芸を目指して

施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル【改定版】

平成25年 12月

農林水産省 生産局

目　次

ご利用にあたって ····· 1

Ⅰ　省エネのための暖房技術

1 燃油暖房機のメンテナンス ····· 2

2 ヒートポンプによる省エネルギー対策 ····· 5

3 木質バイオマス利用加温設備による省エネルギー対策 ····· 11

4 温度センサーの設置と点検 ····· 15

Ⅱ　温室の保温性向上技術

1 採光条件の点検 ····· 16

2 外張被覆の点検 ····· 17

3 内張カーテンの点検 ····· 18

4 保温効果の高い被覆設備の導入 ····· 22

Ⅲ　省エネのための温度管理技術

1 施設園芸作物の適温管理 ····· 24

2 天敵資材や花粉媒介昆虫の活動適温 ····· 26

3 温度ムラの改善（送風ダクト、循環扇の有効利用） ····· 27

4 多段サーモ機能を活用した変温管理 ····· 29

5 作物の局所加温技術 ····· 31

あとがき ····· 33

ご利用にあたって

栽培作物の加温に多くのエネルギーを消費し、経営費全体に占める燃油コストの割合が高い施設園芸においては、燃油コストの節減などの省エネルギー対策が重要です。

これまでも施設園芸の省エネルギー対策に取り組んでいただいているところですが、加温に必要な燃油が依然として高価格で推移していることから、これによる経営への影響を緩和するため、なお一層の取組が重要となっています。

このマニュアルは平成20年３月に公表した「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル」を改定したもので、近年、生産現場で導入が進んでいるヒートポンプや木質バイオマス利用加温設備といった省エネ設備を活用した省エネルギー対策など、生産現場の実情に沿った取組内容や留意点を追記しています。

マニュアルは、省エネのための暖房技術 、温室の保温性向上技術 、省エネのための温度管理技術 により構成していますが、いずれも生産段階で実践できる基本的な技術であり、また、それぞれの技術を一体的に取り組むことにより、一層の省エネ効果の向上が期待できます。

別添の「施設園芸省エネルギー生産管理チェックシート」と併せてご活用いただき、ご自身の温室や栽培方法に合った省エネルギー対策の推進と燃油コストの節減による経営改善の一助となれば幸いです。

積極的な活用をお願いいたします。

１ 燃油暖房機のメンテナンス

施設園芸では、暖房機の経年劣化による暖房効率の低下や故障などのトラブル発生は止むを得ないところですが、これらを最小限に抑えて長期間使用するためには、定期的な点検や清掃が欠かせません。

定期的にメンテナンスを行うことにより暖房機の加温能力を最大限に引き出すとともに、省エネルギー対策に努めましょう。

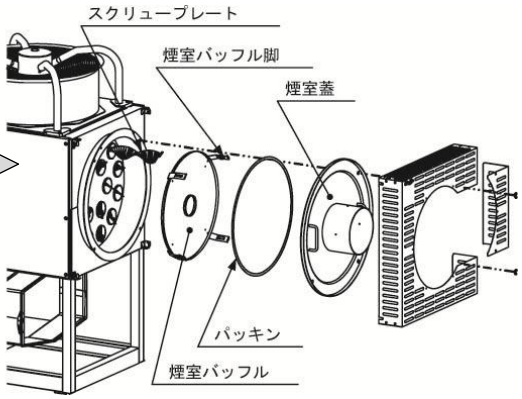
一般的な暖房機の点検・清掃方法は以下のとおりです。なお、暖房機によって方法が異なる場合があるため、暖房機に付属の取扱説明書をよく御覧になり適切な方法で行ってください。

①　熱交換面（缶体）の清掃

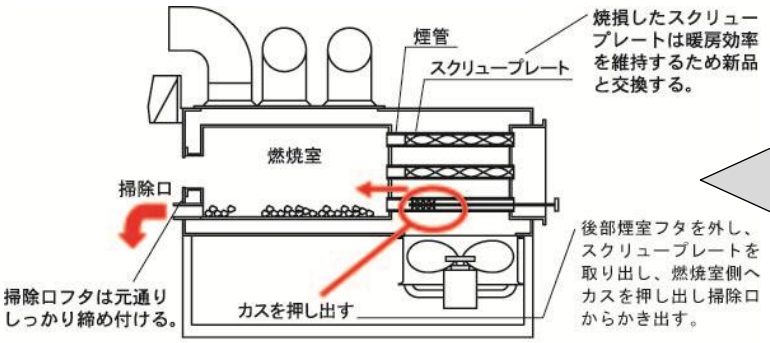
Ａ重油を燃料とする場合、燃料に含まれる硫黄や灰分などがカスとして缶体内に溜まります。そのまま掃除をしないでおくと煙管が詰まって黒煙を発生したり、不着火になったりと大きなトラブルの原因となります。

また、このカスは湿気を帯びやすく、長期間放置しておくと缶体の腐食を助長することがあります。このため、１年に１回は、必ず缶体の清掃を行いましょう。

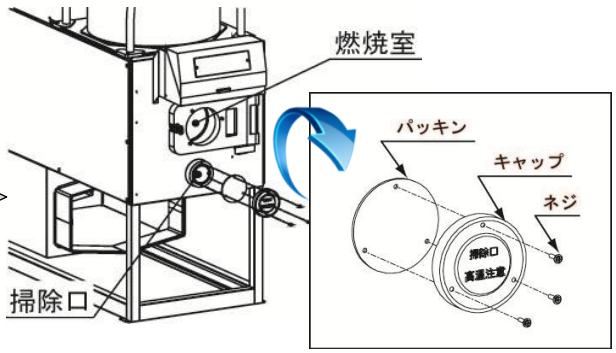
① 暖房機の電源を切り、燃料バルブを閉めてから加温装置の後部（煙突側）の煙室ふたを外し、スクリュープレートを抜きます。



② 煙室にたまったカスを掻き出し、スクリュープレートの汚れをワイヤブラシなどで落とします。また、焼損したスクリュープレートは新品に交換します。



③ 煙管にたまったカスは燃焼室側に押し出し、バーナー下の掃除口から掃きだしましょう。終了後、掃除口のフタは元通りにしっかり締めましょう。



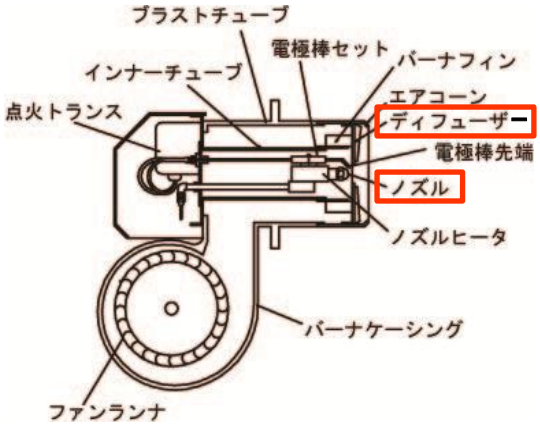
② バーナーノズル周辺の清掃

バーナーノズル周辺の燃焼カス（スス等）による汚れは燃料と空気の正常な混合を阻害し、完全燃焼を妨げます。ノズル周辺は定期的に掃除をしましょう。

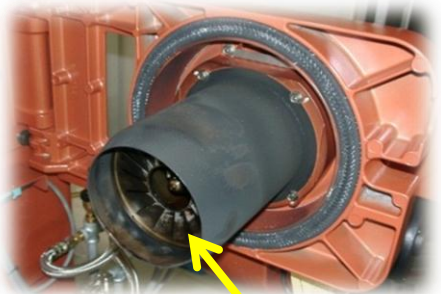
③ バーナーノズルの交換

燃料噴霧ノズルは使用とともに磨耗します。摩耗が進むと燃焼状態が悪化したり、噴霧燃油量が増加します。噴霧燃油量が増加すると過負荷状態になり、異常な高温により缶体を傷めたりすることがあります。

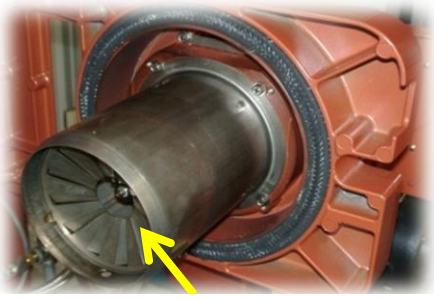
暖房機の故障予防のためにも定期的（１シーズンごと又は１０KL消費を目安）にノズル交換を行いましょう。



また、ディフューザー（火炎を安定させる保炎板）が汚れていたら、ウエスやワイヤブラシ等を使用して汚れを落としましょう。汚れが落ちにくい場合は灯油や油汚れ用のクリーナーなどを使用すると落としやすくなります。



清掃前、ススで真っ黒のエアコーン、ディフューザーの状態



清掃後のエアコーン、ディフューザーの状態

④ エアーシャッターの調整

バーナーのエアーシャッター（燃焼空気取入口）を調整することで燃焼状態を改善し、燃焼効率を高めることができます。燃焼状態は煙突から出る排気ガスの色で確認しましょう。

- 煙突から白煙が出る場合には、エアーシャッターを閉じ気味にして燃焼空気量を少なくして調整。
- 煙突から黒煙が出る場合には、エアーシャッターを開け気味にして燃焼空気量を増やして調整。

↓

- 排煙が無色になったらエアーシャッターの固定ネジを締めましょう。

※ 調整後、直ちに排煙の色が変わる訳ではないので、しばらく様子を見ながら調整しましょう。

⑤　暖房機利用時の留意点（燃焼用新鮮空気の取り入れ）

バーナーで燃油を燃焼させる際は大量の新鮮空気（出力10kW当たり約17m^3/h又は１万kcal/h当たり約20m^3/h）が必要になるので、保温被覆による気密性の高い温室では、必ず燃焼用新鮮空気の取り入れ口を設けましょう。

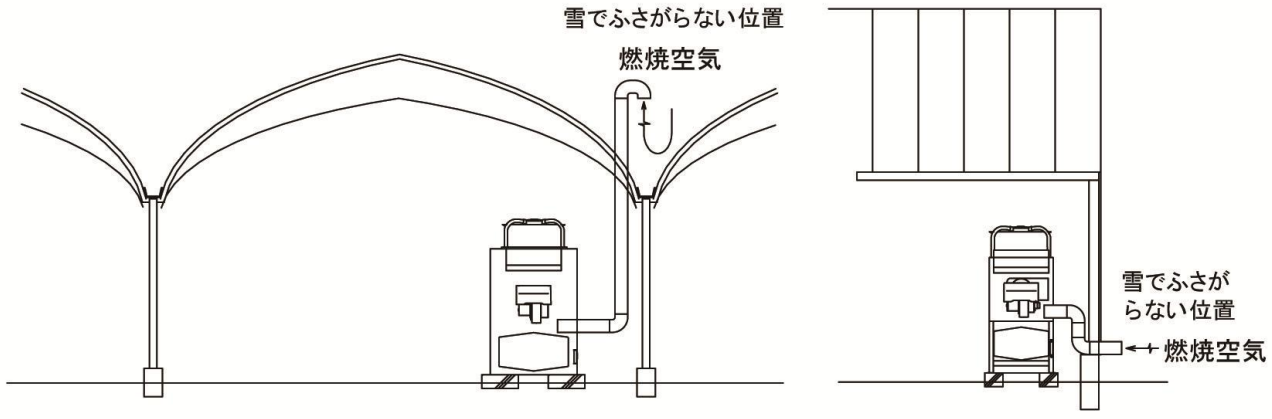
空気取り入れ口がないと空気不足による不完全燃焼が生じ、炉内が極端に煤け、煙突から黒煙が出たり不着火の原因になりかねません。

なお、燃焼用新鮮空気の取り入れに当たっては、

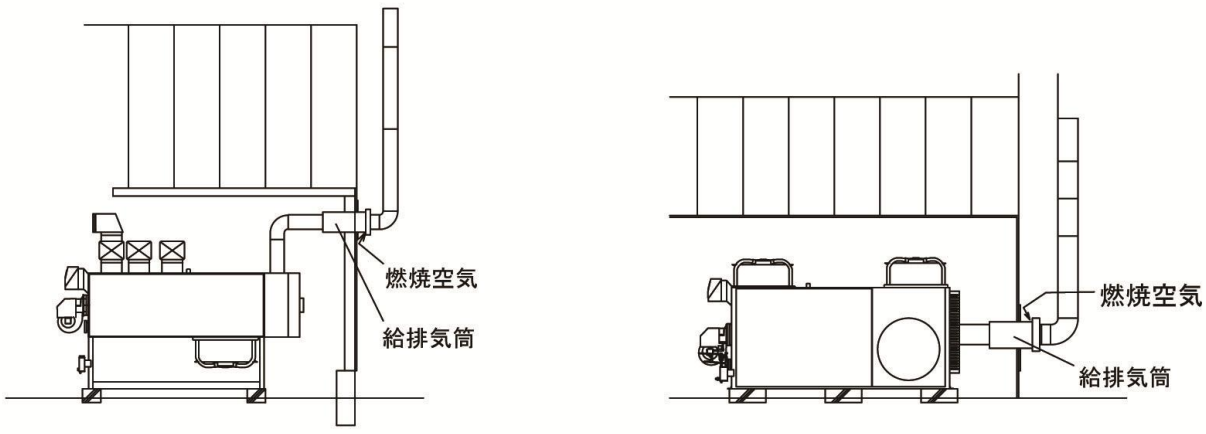
- 燃焼空気は必ず温室外（外気）から取り入れるようにする
- 空気取り入れ口は雪や水たまりなどで塞がらないようにする
- 暖房機が稼働しているときは換気扇を運転しない
- 新鮮空気の取り入れを容易に行える「給排気筒」を使用する

等に留意しましょう（下図参照）。

※ 木質バイオマス利用加温設備の利用時においても、上記同様に燃焼用新鮮空気の取り入れに留意する必要があります。



給排気筒を使用しないとき



給排気筒を使用したとき

2 ヒートポンプによる省エネルギー対策

ヒートポンプは燃油暖房機のように燃焼により熱エネルギーを直接取り出す設備ではありません。電気等のエネルギーで圧縮機を動かし、外気等の低温熱エネルギーを高温熱エネルギーに変換させることで加温するものです。このため、少ない投入エネルギーで効率的に熱エネルギーを利用することができます。

この原理を用いることで暖房だけでなく夏期の冷房や除湿にも活用できます。

施設園芸においては、導入コストや運転コストを節減して効率的に暖房を行うことができるハイブリッド方式（従来の燃油暖房機との併用）が主流になっています。

ヒートポンプと燃油暖房機のハイブリッド方式

ハイブリッド方式では運転コストの安いヒートポンプを優先して運転し、ヒートポンプのみでは室温維持が困難となる低温時に燃油暖房機と併用運転することにより、運転コストの低減が可能になります。

以下のとおり「導入・設置の際のポイント」、「運転・管理のポイント」に留意し、ヒートポンプを上手に利用して省エネルギー対策に取り組みましょう。

導入・設置の際のポイント

①　設置場所の条件

ヒートポンプの室外機周辺に障害物があると排気（冷気）が拡散されずに周りに停滞します。この冷えた空気を再び吸い込んでしまう（ショートサーキット）と、熱交換をすることが難しくなり、効率低下が発生しやすくなります。

室外機周辺には空気流動を妨げる障害物がないように配慮（物を置かない、囲わないなど）しましょう。

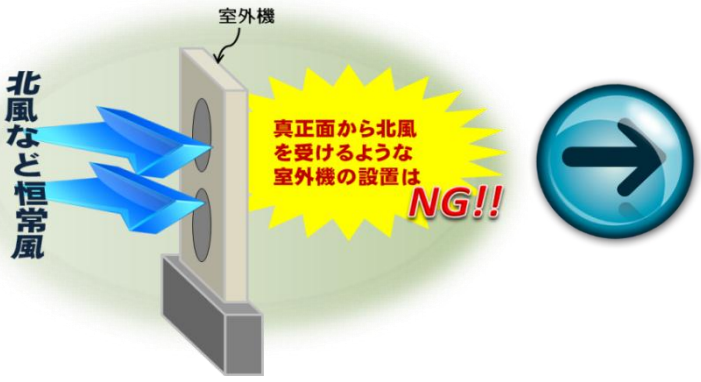
また、室内機についても暖房効率、保守管理の面から周りの構造物と十分な距離を確保するようにしましょう。

室外機の不適切な設置例
（ショートサーキットが発生しやすい）

② 恒常風の影響への対策

通常、室外機は温室の妻面に設置されますが、風が決まった方向（特に北風）から吹いてくる場所では、その方向に室外機を向けると熱交換ファンの送風量が低下するとともに、低温吹き出し空気を再び吸い込むことになります。これにより、室外機（蒸発器）の表面温度が低下して着霜するため、除霜（デフロスト）運転の頻度が増え効率低下を招きます。

室外機は恒常風の影響を受けない温室面に設置する、恒常風を真正面から受けないように設置する、吹き出し空気が流動するように風向ガイドを取り付けるなどの工夫が必要です。



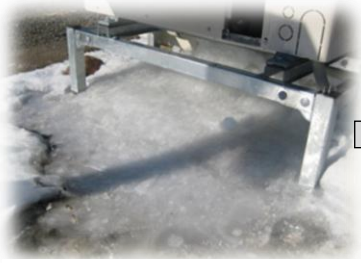
北風など恒常風の影響を受けない場所に室外機を設置

③ デフロスト水、積雪への対策

ヒートポンプの除霜（デフロスト）運転時には思いのほか多量の水が排水されるため、温室の脇（室外機の設置面）に排水溝がない場合にはデフロスト水の処理が大きな課題になります。

水が溜まると室外機下部の土がぬかるみ、室外機が沈み込んだり夜間の低温により室外機付近が凍結しやすくなります。この繰り返しによって室外機が傾き、転倒するおそれもあります。このため、室外機下部への敷砂利やコンクリート基礎、架台の設置等によりデフロスト水を室外機付近に溜めないための工夫をしましょう。

また、積雪に対しても架台の設置、雪よけ屋根や防雪フードの設置などの対策をとりましょう。



夜間にデフロスト水が凍結

室外機が傾斜、転倒

積雪対策も重要

デフロスト水、積雪に対応した適切な設置例

④　室内機と室外機の適切な配置
（配管長、電線の太さ・こう長）

配管長が10m延びるとヒートポンプの能力が１～２%程度低下してしまいます。

設置業者と設置位置について十分相談のうえ、室内機と室外機をなるべく近くに設置するようにしましょう。

室内機と室外機の適切な設置例

電線はヒートポンプメーカーが推奨する太さ以上でないと電圧降下を起こす可能性があります。また、推奨の太さの電線であっても、こう長（引込柱から室外機までの電線長さ）が長いと電圧降下を起こす可能性があります。

電気工事業者に相談して電圧などを計算してもらい、適切な電線を敷設するようにしましょう。

運転・管理の際のポイント

①　エアフィルターの点検・清掃

室内機のエアフィルターが汚れたまま運転すると目詰まりを起こし、消費電力が増加する可能性があります。加えて、目詰まりにより風量が低下すると暖房能力も低下してしまいます。

エアフィルター、室外機の吸い込み口・吹き出し口の汚れは週１回程度点検し、汚れがある場合には清掃しましょう。

エアフィルターを取り外す

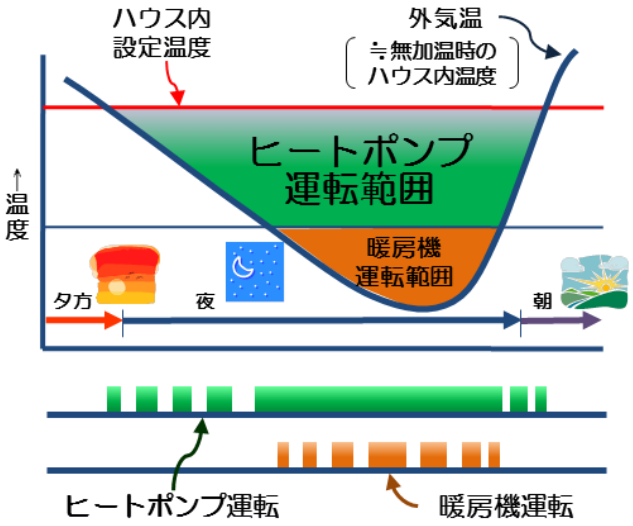
ほうきやブラシで清掃する

② ハイブリッド方式の運転方法

ハイブリッド方式では、ヒートポンプと燃油暖房機の運転連携が重要です。

これがうまくいかないと適切な温度管理ができず、省エネ効果が期待できません。

両者それぞれに温度調節機能がありますが、温度センサーの精度や制御方法が異なる場合には併用運転時に必要な管理温度を維持できないことがあります。



ハイブリッド方式の運転イメージ

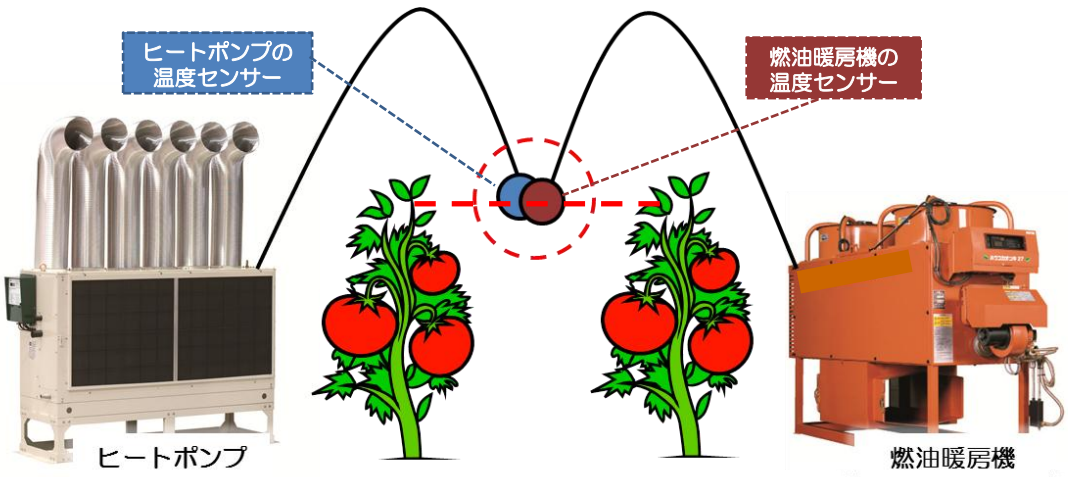
●ハイブリッド運転時の温度設定のポイント

ヒートポンプの設定温度は燃油暖房機の設定温度より２～３℃高く設定し、ヒートポンプを優先的に運転するように心がけましょう。

なお、温度センサーはヒートポンプと燃油暖房機で同一のものを用いるようにしましょう。別々の温度センサーによる場合は、

- それぞれの温度センサーを同じ位置（作物の生長点付近）に設置し、同一の温度を示すことを確認する
- 誤差がある場合は補正する　等の工夫をしましょう。

※ 温度センサーの設置と点検は15ページを参照

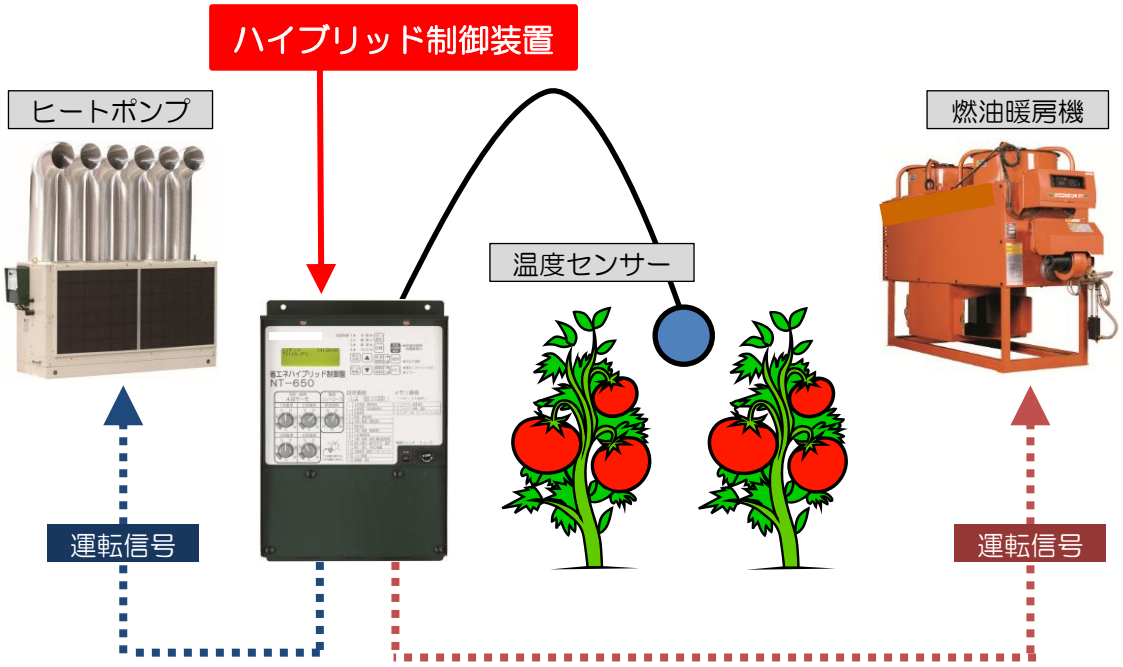


ハイブリッド運転時の温度センサーの設置
（各機器で温度センサーが異なる場合）

ヒートポンプと燃油暖房機の運転を一つの装置で制御し、省エネと温度管理を的確に行う専用のハイブリッド制御装置があります。制御装置は同一の温度センサーで温度を計測し、ヒートポンプと燃油暖房機に適切な信号を送ります。

室温が低下するとヒートポンプが優先して運転し、室温維持が困難になると燃油暖房機が運転を開始しますが、専用の制御装置は温室の設定温度を維持するよう、制御上の工夫がされています。

専用のハイブリッド制御装置を導入すれば、効率よく運転できます。



ハイブリッド制御装置による温度管理

③　ヒートポンプの配管等による隙間の点検

被覆部分の隙間は温室の保温性を低下させるだけでなく、この付近にヒートポンプを設置すると隙間からの冷気を吸い込んで暖房効率が低下してしまいます。

また、ヒートポンプの稼働時に換気扇が動いていたり、換気窓が開いていると効率の良いヒートポンプを使用しても負荷が大きくなり、省エネ効果が期待できないため注意しましょう。

冷房利用の際も内張カーテンを閉じて断熱性を高めること、除湿利用の際も室外空気の流入を抑えることが重要です。特に、夏期の利用では被覆部分に隙間ができやすいため、隙間や破れがないかチェック※して対策をとりましょう。

※ 被覆設備の点検は17～21ページを参照

④　ヒートポンプ運転時の留意点

温室内の温度分布を確認のうえ、不均一な場合は送風ダクトや循環扇を活用※し、ヒートポンプと連動運転させましょう。※送風ダクト、循環扇の有効利用は27～28ページを参照

ヒートポンプと循環扇の連動運転

天吊タイプのヒートポンプ

なお、ヒートポンプと硫黄くん蒸装置の同時運転を行うとヒートポンプの部品として多く使用されている銅や銅合金が硫黄と反応し、室内機を故障又は破損させるおそれがあります。
（硫黄は金属の腐食を助長し、特に銅や銅合金への影響が大きい物質です）

原則として、硫黄くん蒸は行わないようにしましょう。

硫黄くん蒸

3 木質バイオマス利用加温設備による省エネルギー対策

石油代替燃料の木質バイオマスを利用した加温設備は、燃焼で発生する二酸化炭素が大気中に放出されますが、光合成によって二酸化炭素を吸収して成長した木材を原料としていることから燃焼させても二酸化炭素が増加せず（＝カーボンニュートラル）、地球温暖化対策としても有効な暖房方法です。

施設園芸では主に木質ペレットや木質チップを燃料としたボイラーや温風機が導入されており、これらの利用にあたっては以下の点に留意しながら効果的な省エネルギー対策に取り組みましょう。

導入・設置の際のポイント

①　燃料貯蔵タンク（サイロ）の設置場所

木質バイオマス利用加温設備では、燃料貯蔵タンク（サイロ）を設置するため、温室外に最低でも2m×2mの設置スペースが必要です。

その高さは5mを超えるものもありますので、場所の選定にあたっては、温室に日陰ができないよう留意しましょう。

6.4m^{3}の貯蔵タンク（高さ5m）

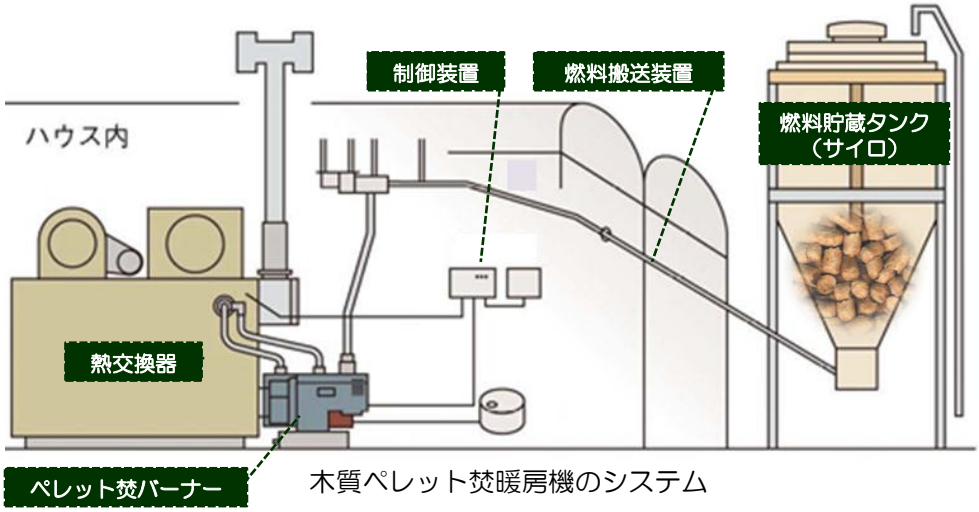
②　設備（燃料搬送装置、暖房機本体）の設置

貯蔵タンク（サイロ）から木質ペレットなどの固形燃料を搬送する燃料搬送装置が長くなれば、燃料詰まり等トラブル発生の原因になります。

設置業者とも相談のうえ、貯蔵タンクから暖房機本体までの距離は15m以内に収まるよう心がけましょう。

木質ペレット投入状況

また、暖房機本体の設置場所は温室の端側になる場合がほとんどですが、温室内の空気の流れ、暖房効率、送風ダクトの配置バランス等を適正化するためにできるだけ端側の中央部に設置しましょう。



木質ペレット焚暖房機のシステム

運転・管理の際のポイント

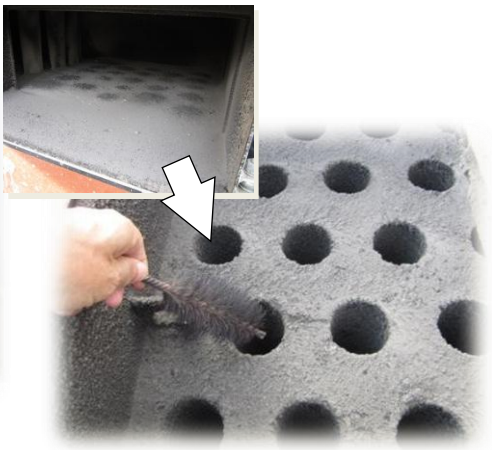
①　木質バイオマス利用加温設備の点検・清掃

燃油暖房機との違いは、木質バイオマス燃料（木質ペレットや木質チップ）の燃焼により燃焼灰が発生するという点です。

加えて、暖房効率の低下や不着火などのトラブルを防止するため、燃油暖房機よりも頻繁（２～３日に１回から月に１回程度）に清掃する必要があります。

また、機種によっては清掃箇所が複数ある場合、箇所ごとに清掃頻度が異なる場合がありますので、暖房機メーカーの推奨する方法・頻度で清掃を行ってください。

なお、バーナー部や燃焼炉などの清掃・点検については、メーカーの専門技術者に依頼しましょう。



木質バイオマス利用加温設備の燃焼灰の清掃

（参考）木質燃料の燃焼灰の有効利用

木質ペレットや木質チップの燃焼灰は、環境省から産業廃棄物には該当しない旨の見解※が出されており、畑の融雪剤や土壌改良材として有効に活用することができます。

※ 環境省大臣官房廃棄物･リサイクル対策部産業廃棄物課長通知
（平成25年６月28日付け、環廃産発第1306282号）

１ 木質ペレット又は木質チップを専焼ボイラーで燃焼させて生じた焼却灰について（中略）このような、木質ペレット又は木質チップを専焼ボイラーで燃焼させて生じた焼却灰（塗料や薬剤を含む若しくはそのおそれのある廃木材又は当該廃木材を原料として製造したペレット又はチップと混焼して生じた燃焼灰を除く。）のうち、有効活用が確実で、かつ不要物とは判断されない焼却灰は、産業廃棄物に該当しないものである。

焼却灰の取扱について疑問があれば、都道府県・政令市に相談しましょう。

木質ペレットの燃焼灰

② 適切な運転管理の実施

木質バイオマス燃料の着火にはＡ重油や灯油を燃料とするバーナーを用いる機種が多く、安定燃焼に入るまでに５分程度の時間がかかります。

燃油暖房機のようにON-OFF制御を即時に行うことが難しい構造であるため、点火回数をなるべく抑えて効率的な運転管理を行うことがポイントになります。

木質ペレット暖房機（温風式）には、ペレットの投入量あるいは投入間隔を変更することで出力を調整（４段階又は２段階）する設備があります。各機種の出力制御方法を十分に把握して適切に運転管理を行いましょう。

● 設定温度を15.0℃とした場合の制御（例）

ア　温室内温度が14.5℃で運転開始

↓

イ　安定燃焼に入るまでは「出力強」で運転

↓

ウ　安定燃焼後、出力を変更 ⇒ 「出力弱」で運転

↓

エ　温室内温度が15.5℃を超えたらペレットの供給を停止

↓

オ　（ペレットの供給停止後）温室内温度が14.5℃まで低下したら再着火運転

木質ペレットの燃焼

③ ダウンシュートの対策

木質バイオマス利用加温設備は木質バイオマス燃料に着火してから安定燃焼に入るまでに時間を要することから、なかなか設定温度に達しないという場合があります（ダウンシュート）。

この特徴を十分認識したうえで、ダウンシュート対策として再着火モードに入るタイミングを早めるように暖房機の設定温度を調整する、もしくはハイブリッド方式の運転方法を活用するといった工夫をしましょう。

④　ハイブリッド方式の運転方法

木質バイオマス利用加温設備と燃油暖房機を併用（ハイブリッド運転）することで効果的な暖房が可能となります。

その際、木質バイオマス利用加温設備の設定温度は燃油暖房機の設定温度よりも１～２℃高く設定し、木質バイオマス利用加温設備を優先的に運転するように心がけましょう。

この場合、温度センサーは木質バイオマス利用加温設備と燃油暖房機で同一のものを用いるようにしましょう。別々の温度センサーによる場合は、

- それぞれの温度センサーを同じ位置（作物の生長点付近）に設置し、同一の温度を示すことを確認する
- 誤差がある場合は補正する　等の工夫をしましょう。

※ 温度センサーの設置と点検は15ページを参照

さらに、温室内の温度分布を確認のうえ、不均一な場合は送風ダクトや循環扇を活用※しましょう。

※送風ダクト、循環扇の有効活用は、27～28ページを参照

送風ダクトの有効活用

⑤　その他の留意点

運転管理を適切に行うため、燃料貯蔵タンク（屋外サイロ）から加温設備にいたる木質ペレット等の燃料供給経路に異常がないことを確認しましょう。

また、木質バイオマス燃料は水分を吸収しやすく、例えばペレット（粒）は吸湿すると形状が失われます。

加温シーズンが終了したら貯蔵タンク（サイロ）を空の状態にするとともに、湿度の高い梅雨時期や夏場の燃料保管は行わないようにしましょう。

木質ペレット搬送部

【木質チップボイラー導入の際の留意点】

木質バイオマス利用加温設備は燃油暖房機に比べて寸法が大きなものが多いため、十分な設置スペースの確保が必要です。

中でも木質チップボイラーは10m×10m程度の設置スペースを要する大型機種もあります。また、相当な高さになるため、温室内に設置する場合は内張カーテン等への影響がないか確認するなど、設置業者とよく相談して設置するよう心がけましょう。

木質チップボイラー

４ 温度センサーの設置と点検

暖房機は設定された室内温度になるように自動運転しますが、温度センサーが感知する温度が暖房の開始・停止を決定することになるので、温度センサーが適切に設置されているか、正常に作動しているか必ず点検・確認しましょう。

● 温度センサーの設置と点検のポイント

ア　温度センサーは作物の生長点付近などの適切な高さに設置

イ　暖房機や送風ダクトの吹き出し口付近への設置は避ける
→ 急激な温度変化の感知により適正な温度管理が困難になるうえ、運転・停止を頻繁に繰り返し、暖房機の故障の原因になりやすい

ウ　ハイブリッド（ヒートポンプと燃油暖房機、木質バイオマス利用加温設備と燃油暖房機）運転の際は同一の温度センサーによる運転が望ましい。別々の温度センサーによる場合は、

- それぞれの温度センサーを同じ位置（作物の生長点付近）に設置し、同一の温度を示すことを確認する
- 誤差がある場合には補正する　といった工夫が必要です。

温度センサーの設置（例）

イチゴ土耕栽培

イチゴ高設栽培

ピーマン

メロン果実肥大期

1 採光条件の点検

採光性を向上させると温室内の気温・地温上昇をもたらし、省エネルギー化につながります。

一方、温室内の保温性を向上させる被覆資材の多重化や多層化※は栽培作物の光合成に必要な太陽光の透過量を減少させるため、採光条件を点検し、必要以上に透過量を落とさないように留意しましょう。

※ 本マニュアルでは、外張などの固定式被覆については「多重化」、内張カーテンなどの開閉式被覆については「多層化」と表現しています。

多層被覆の際も採光を確保

①　被覆資材の汚れ等の確認

● 温室内の採光性を確保するため、被覆資材に汚れ等が付着していないか確認しましょう。

↓

● 汚れ等が付着していた場合、被覆資材を洗浄しましょう。
● その際、ブラシ等を使うと被覆資材の表面に細かい傷がついて逆に汚れやすくなるので、圧力をかけた水で洗浄するなど傷がつかないように留意しましょう。

汚れ等が付着した被覆資材の例

②　採光を妨げる障害物等の確認

● 温室内外に採光を妨げるような資材や機材がないか確認しましょう。

↓

● 当面必要のないものは採光に影響のない場所に移動しましょう。

2 外張被覆の点検

温室からの放熱には、被覆資材の隙間や破れ等から逃げる熱と被覆資材や温室構造材を通過する熱があります。

温室の隙間や破れ等からの放熱は日頃の点検で大部分を防ぐことができますので、見つけしだいすぐに対処して温室内の保温性を高めましょう。

● 外張被覆の点検・対策のポイント

ア　温室の外張被覆の破れや隙間の点検
イ　天窓や出入口の破損、隙間の点検
ウ　被覆資材留具の緩みの点検
エ　換気扇シャッター、使用しない出入口の目張り（冬期間）

外張被覆の省エネルギー対策（例）

外張被覆の隙間を目張り

出入口をフィルムで覆う

外張被覆をスプリング留め具で固定

使用しない出入口を目張り

換気扇シャッターを目張り

3 内張カーテンの点検

①　内張カーテンの保温効果

温室内に内張カーテンを展張することで温室の保温効果が一層高まります。

保温効果は多層被覆とするほど高くなり（３層＞２層＞１層）、また、天井だけでなく側面や妻面も一体的に多層化することで、より高い保温効果が得られます。

温室全面の多層被覆に積極的に取り組みましょう。

温室側面（サイド）のカーテン

内張カーテンによる保温効果は被覆資材の材質や厚みにより異なります。

表－1に示した被覆資材の熱節減率（注）を参考に、保温の必要性に応じて適切な方法を選択し、省エネルギー対策に取り組みましょう。

また、多層被覆の際は結露水等で被覆資材同士が張り付かない程度の間隔を設けましょう。

なお、多層化するほど光の透過性は低下するので、作物の生育特性とのバランスを勘案して取り組みましょう。

表－1　保温被覆時の熱節減率

保温方法	種類	ガラス室	ビニルハウス
２重被覆	ガラス、塩化ビニルフィルム	0.4	0.45
	ポリエチレンフィルム	0.35	0.4
１層カーテン	ポリエチレンフィルム	0.3	0.35
	塩化ビニルフィルム	0.35	0.4
	不織布	0.25	0.3
	アルミ割布（アルミ２：透明１）	0.35	0.4
	アルミ混入フィルム	0.4	0.45
	アルミ蒸着フィルム	0.5	0.55
２層カーテン	ポリ＋ポリ	0.45	0.45
	ポリ＋不織布	0.45	0.45
	塩ビ＋ポリ	0.5	0.5
	塩ビ＋不織布	0.5	0.5
	塩ビ＋塩ビ	0.55	0.55
	塩ビ＋アルミ割布（アルミ２：透明１）	0.55	0.55
	ポリ＋アルミ蒸着	0.65	0.65
外面被覆	温室用ワラゴモ	0.65	0.65

注：熱節減率は設置した被覆資材からの放熱量の削減割合を示しており、例えば、ガラス温室でポリエチレンの１層カーテンを設置した場合の熱節減率0.3は１層カーテンを設置していない場合に比べて30%の放熱量が削減されることを表しています。

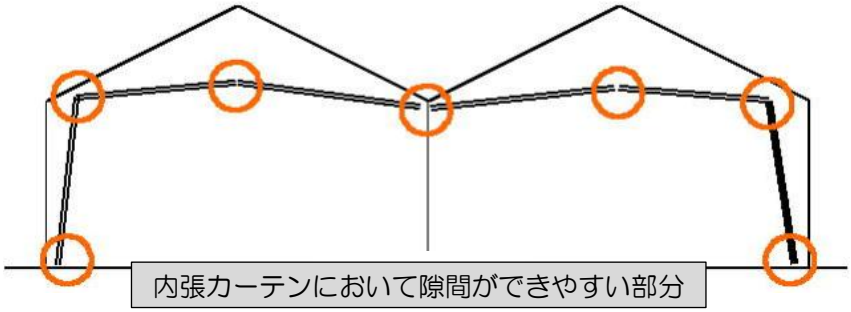
②　内張カーテンの破れや隙間の点検

内張カーテンの保温効果を最大限に発揮させるには、カーテンのつなぎ目や裾部に破れ・隙間ができないよう十分に注意する必要があります。

また、多層被覆により寡日照や高温・多湿傾向を招くおそれがあるので、保温性だけでなく流滴性や通気性など湿度対策を考慮した資材の選択、日中の換気や病害虫防除などの適正管理にも留意しましょう。

● 内張カーテンの点検・対策のポイント

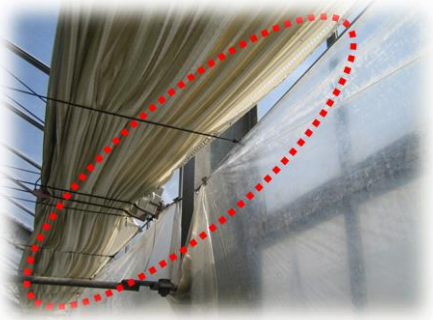
右図のとおり、側面のカーテン裾部、出入口付近や妻面、多層カーテン肩部（側面と天井面のつなぎ目など）、温室の谷間部の隙間を日頃から点検して温室の保温性を確保しましょう。



内張カーテンにおいて隙間ができやすい部分

内張カーテンの隙間（例）

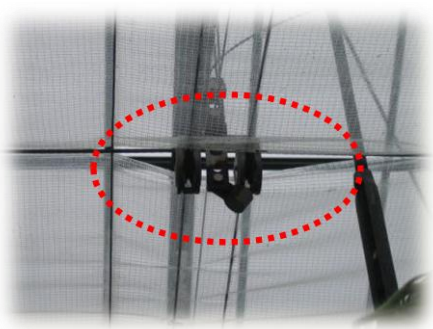
天井カーテンの隙間（妻面）



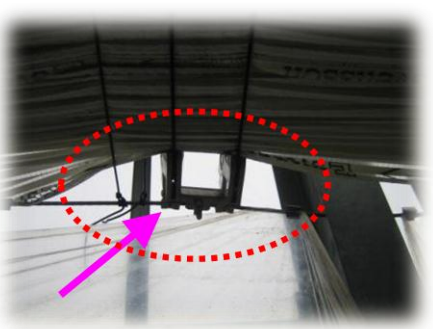
天井カーテンと側面カーテンのつなぎ目

温室のコーナー部の隙間

肩部の垂れ下がりによる隙間



天井の滑車付近の隙間

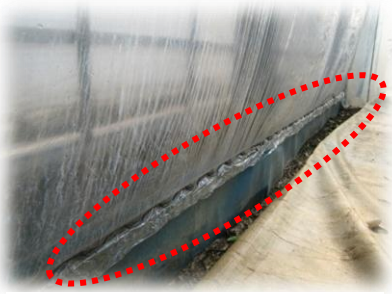


肩部の滑車付近の隙間

カーテン裾部の隙間

カーテンの裾部が短かすぎることによる隙間、暖房時にカーテンがはためくことによる隙間に注意が必要であり、さらに、夜間は冷気が下降してカーテンが温室内側に膨らみ、温室内に冷気が侵入しがちです。

冷気によるカーテンの膨らみ



カーテン裾部の固定（留め具）

カーテン裾部の固定（土盛り）

カーテン裾部を長めに確保し、留め具や土などの重しを乗せるなどして固定することにより保温性を確保しましょう。

出入口付近や妻面の隙間

開閉により外気が侵入しやすい出入口付近や温室の妻面の隙間を点検し、内張カーテンの多層化等により高い保温性を確保しましょう。

妻面のカーテンの隙間

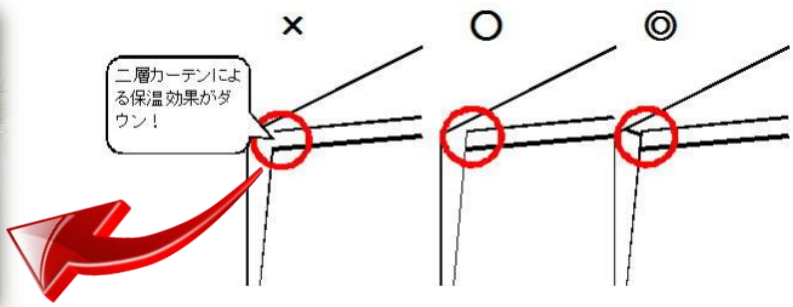
妻面のカーテンの隙間対策①

妻面のカーテンの隙間対策②

多層カーテン肩部の隙間

２層カーテンの場合、１層目と２層目のカーテンの隙間をなくすこと、さらに、肩部分を遮蔽することにより保温効果を高めることができます（下図参照）。

多層カーテン肩部の隙間



内張カーテンの開閉

内張カーテンは温室内が適温に達した後に開放し、温室内の温度が下がらないうちに閉めましょう。また、開閉をタイマーで設定している場合は、その時期の日長（日の出、日の入り時刻）に応じて開閉時間の設定を調節しましょう。

また、内張カーテンを自動開閉させる際は、加温シーズン開始時に試験的に開閉させて隙間の点検を行いましょう。

内張カーテンの自動開閉

その他の留意事項

加温期間（冬期）における北風は温室の保温機能を低下させる要因になります。断熱資材（シルバー、発泡資材等）を温室北面に固定張りすることも、温室の保温機能の確保に有効な対策です。

温室北面へ断熱資材を固定張り

また、内張カーテンに結露水等が溜まり、右の写真のように金魚鉢状に膨らむことがあります。被覆資材が破損する要因になるため、持ち上げて水を抜く、小さな穴を開けて水を抜くなど、適切に対処しましょう。

金魚鉢状に膨らんだ内張カーテン

４ 保温効果の高い被覆設備の導入

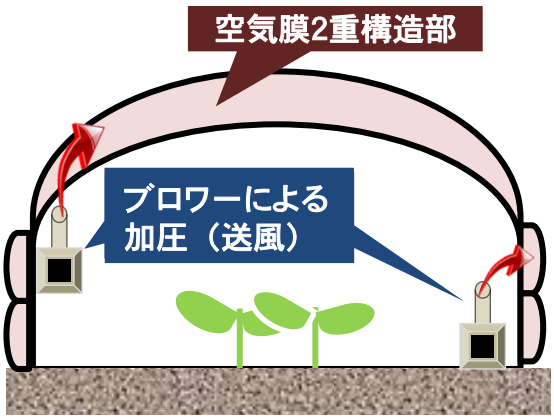
①　空気膜２重被覆

空気膜２重被覆は、温室の屋根面（または天井面）等の被覆資材を２重（２層）展張し、その間にブロワーや送風ファンで空気を送り込んで空気の断熱層を形成することにより温室の保温性を向上させる技術で、省エネ効果が期待できます。

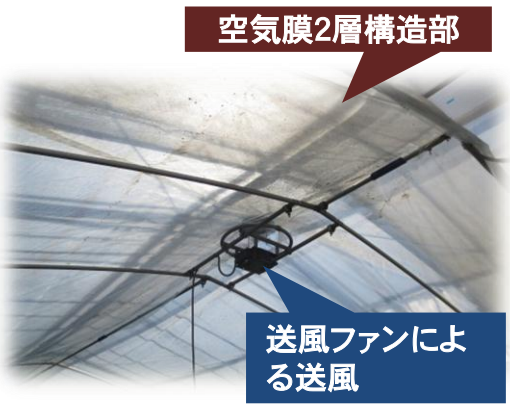
また、妻面、側面も一体的に空気膜２重構造とすることにより、さらに保温性を高めることも可能です。

空気膜がいったん膨らむと空気の流入がなくなるため、膜内の埃による汚れがなく光透過率の低下は少ないとされています。

なお、夏期・高温期の日中は室内が高温になりやすいため、適切な換気に留意する必要があります。



外張が空気膜２重被覆の温室



内張が空気膜２層被覆の温室

空気膜２重被覆（屋根部）

空気膜２重被覆（側面部）

②　外張の固定２重化

垂木などを用いてフィルムで屋根部や天井部を２重に固定張りし、加圧せずに断熱層を設ける方法があります（固定２重化）。

この場合、高い光線透過性があり、光線不足による作物への影響を抑制できる被覆資材が有効とされています。

フッ素系硬質フィルムによる
固定２重化

③　多層断熱被覆資材（布団資材）　※今後、普及が予想される技術

ポリエステル綿などを挟んだ多層断熱被覆資材（布団資材）は、従来の保温用被覆資材に比べて2～3倍高い断熱性があります。

現在、各方面で研究開発や技術実証が進められていますが、資材の軽量化、収納時（内張カーテンを開けた時）の取扱性の向上、耐久性の向上、導入コストの低減等の課題が改善されれば、温室への普及が進み、省エネルギーに大きな効果を発揮することが期待されます。

収納時の布団資材

展張時の布団資材

布団資材の妻面への垂れ下げ

布団資材の構造（例）

1 施設園芸作物の適温管理

作物には品目･品種･生育ステージ毎に生育適温（最も良好な生育を示す温度域）があります。

作物の生育適温にふさわしくない過度の省エネルギー対策によって作物の生育不良や生産物の品質低下、収量減を招くことを避けるため、まずは、栽培している作物の生育適温を確認しましょう。

①　野菜の生育適温

主な野菜の一般的な生育適温は表－2のとおりですが、地域で奨励されている品目や品種によって適温範囲が異なるので、栽培開始前に必ず普及センターやＪＡ等の営農指導機関に確認しましょう。

野菜は地上部が多少低温または高温であっても、地温が適温であれば生育するといわれていますが、イチゴの高設栽培などは地面から隔離されているため、温室内の設定温度を土耕栽培に比べて高めに設定しなければならないなどの事例もあります。

表－2　作物別生育適温並びに限界温度

作物		昼気温（℃）		夜気温（℃）		地温（℃）		
		最高限界	適温	適温	最低限界	最高限界	適温	最低限界
ナス科	トマト	35	25～20	13～8	5	25	18～15	13
	ナス	35	28～23	18～13	10	25	20～18	13
	ピーマン	35	30～25	20～15	12	25	20～18	13
ウリ科	キュウリ	35	28～23	15～10	8	25	20～18	13
	温室メロン	35	30～25	23～18	15	25	20～18	13
	スイカ	35	28～23	18～13	10	25	20～18	13
	カボチャ	35	25～20	15～10	8	25	18～15	13
イチゴ		30	23～18	10～5	3	25	18～15	13

出典：施設園芸ハンドブック

同じ品種であっても、栽培方式により温室内の管理温度に差が生じる場合もあるので注意しましょう。

②　花きの生育適温

切り花、鉢もの類、観葉植物それぞれの標準管理温度は表－3～5のとおりです。

同一品目であっても、タイプ別（スプレーや輪物など）、品種別、生育ステージ別（栄養生長や花芽分化・花芽発達段階など）に適温が異なるため、品目や品種別の適温、生育ステージ別の適温を栽培開始前に必ず確認しましょう。

表－3　切り花の冬期の標準管理温度

種類	昼温	夜温	備考
キク	25℃以下	14～18℃	品種による
バラ	23～25℃	15～18℃	
カーネーション(大輪)(周年)	20℃	12℃	
カーネーション(房咲)(周年)	18～20℃	10～12℃	
シュッコンカスミソウ	22℃以下	8～10℃	草丈20㎝までは夜温15℃ 若苗利用は夜温15℃
アルストロメリア	20℃	5～10℃	
スターチス（シヌアータ）	25℃以下	8～10℃	
スターチス（Hyb）	25℃以下	10℃	
キンギョソウ	20℃以下	5～10℃	
スイートピー	18℃	5℃	曇雨天は夜温2℃
ユーストマ	25℃	13～15℃	
テッポウユリ	25℃以下	13～15℃	
アジアティックHyb	25℃以下	13～15℃	
オリエンタルHyb	25℃以下	15～18℃	
チューリップ	25℃以下	14℃	
ハナモモ	20℃	20℃	
ユキヤナギ	25℃	5℃	

出典：農業技術体系 花卉編 1巻

表－4　鉢もの類の標準管理温度

種類	昼温	夜温
アザレア	12～18℃	10℃
インパチェンス		15℃
ガーベラ	25℃以下	15℃
カランコエ	25℃以下	10℃
ベゴニア（エラチオール）		18℃
ベゴニア（センパ）		10℃
シクラメン	20℃以下	12～15℃
シネラリア		5～12℃
ゼラニウム	20℃以下	8～12℃
ハイドランジア		12～18℃
ハイビスカス		18℃
プリムラ（オブコニカ）	25℃以下	10～12℃
プリムラ（ポリアンタ）	25℃以下	5～8℃
プリムラ（マラコイデス）	25℃以下	5～10℃
ペラルゴニウム		8～10℃

出典：農業技術体系 花卉編 1巻

表－5　観葉植物の標準管理温度

種類	昼温	夜温
アジアンタム		12～15℃
アロエ		8℃
アンスリウム		18～20℃
インドゴム	20℃以上	13℃
ベンジャミンゴム		20℃
クズマニア		18℃
クロトン		18～20℃
サンセベリア	20～25℃	13℃
シンゴニウム	20℃以下	16～18℃
シェフレラ		12～13℃
スパティフィルム		16～18℃
ディフェンバキア		20℃
ドラセナ・マッサンゲアナ	25℃	20℃
パキラ		18℃
フィロデンドロン（セロム）		10～11℃
ポトス	35℃以下	20℃

出典：農業技術体系 花卉編 1巻

③　果樹の生育適温

果樹の開花期・果実肥大成熟期における生育適温は表－6、7のとおりです。

果樹の温度管理では、昼温は高温障害を防ぐための換気管理が主体であり、加温栽培の特徴は夜温の管理になります。

野菜や花きと同様に、品種別、生育ステージ別の適温を栽培開始前に必ず確認しましょう。

表－6　開花期の温度管理目標

樹種	昼温	夜温
オウトウ	20～22℃	7～8℃
スモモ	18～22℃	7～8℃
モモ	18～20℃	8～9℃
ナシ	20～25℃	8～12℃
カキ	25～28℃	12～15℃
ブドウ		
有核（ネオマス、巨峰など）	25～28℃	15～18℃
無核（デラウェア）	23～25℃	8～10℃
温州みかん	23～25℃	15～18℃
ビワ	15～20℃	5～7℃

出典：農業技術体系 果樹編 8巻

表－7　果実肥大成熟期の温度管理目標

樹種	昼温	夜温
オウトウ	22～25℃	10～15℃
スモモ	25～28℃	10～15℃
モモ	25～28℃	10～15℃
ナシ	25～28℃	10～15℃
カキ	25～30℃	18～20℃
ブドウ	25～28℃	15～20℃
温州みかん	25～30℃	20～22℃
ビワ	20～25℃	8～15℃
イチジク	25～30℃	15～20℃

出典：農業技術体系 果樹編 8巻

2 天敵資材や花粉媒介昆虫の活動適温

施設園芸において省力化や品質向上に大きな役割を果たしている天敵資材、花粉媒介昆虫の活動適温は、表ー8、9のとおりです。

天敵資材や花粉媒介昆虫の種類ごとに活動適温が異なります。使用の際は必ず事前に活動適温を確認するとともに、栽培作物の生育適温とバランスをとった温度管理が重要になるため、管理温度が不明確な場合は、必ず普及センターやＪＡ等の営農指導機関に確認しましょう。

表ー8　天敵資材の最適活動温度

天敵資材	活動可能温度（湿度）	活動適温	適湿度（最適）
チリカブリダニ	12～30℃（>50%）	22～25℃	65～75%
ククメリスカブリダニ	12～35℃（>60%）	21～23℃	65～75%
スワルスキーカブリダニ	15～35℃（>60%）	28℃（夜温15℃以上推奨）	高湿度を好む
ナミヒメハナカメムシ	15～35℃（>50%）	21～23℃	（65～75%）
タイリクヒメハナカメムシ	（13～32.5℃）	21～23℃	（65～75%）
ヤマトクサカゲロウ	15～35℃	24～26℃	70～90%
ショクガタマバエ	16～35℃	20～24℃	75～85%
オンシツツヤコバチ	15～30℃	20～24℃	60～90%（最適75%）
コレマンアブラバチ	5～30℃	20～24℃	55～65%
イサエアヒメコバチ	15～30℃	20～25℃	ー
ハモグリコマユバチ	15～30℃	15～20℃	ー

出典：施設園芸ハンドブック　に一部追記

スワルスキーカブリダニ
写真提供：アリスタライフサイエンス

表ー9　花粉媒介昆虫の最適活動温度

花粉媒介昆虫	活動可能温度	活動適温
マルハナバチ	5～30℃	17～23℃
ミツバチ	15～30℃	23～25℃

出典：施設園芸ハンドブック

3 温度ムラの改善（送風ダクト、循環扇の有効利用）

温室内の温度ムラは農作物の生育に影響を及ぼすだけでなく、無駄な加温による燃料消費量の増加につながります。

まずは、温室内の複数箇所において温度を測定し、温度ムラの有無や温度差を確認しましょう。この際、以下の点に留意しましょう。

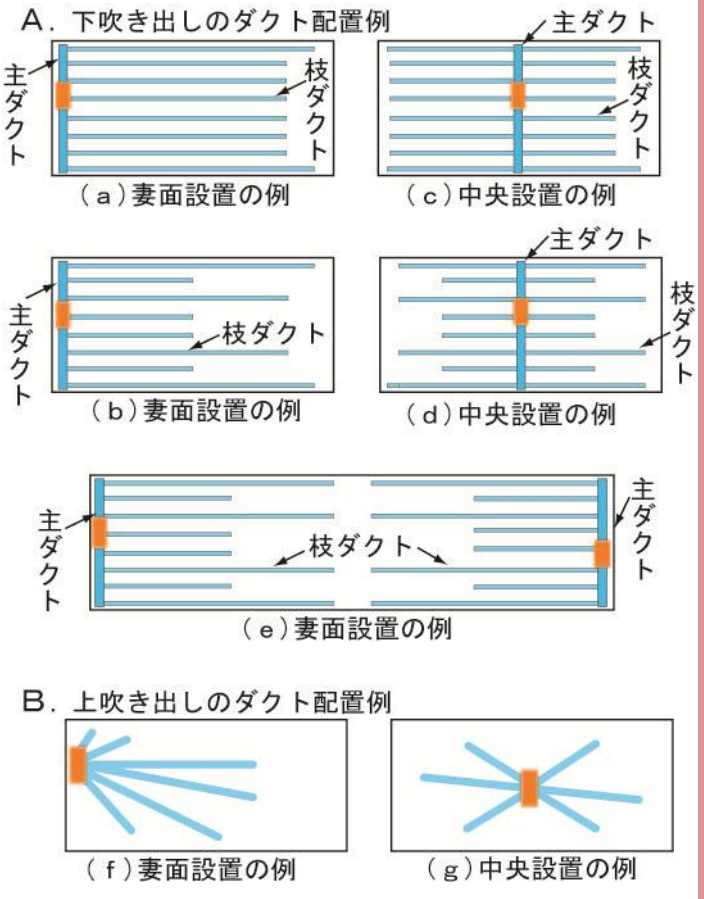
- 暖房機の温度センサーと同様に作物付近（生長点付近）の高さで温室温度を測定すること
- 複数の温度計（特に市販の棒温度計）を使用する場合は個々の温度計間の誤差を予め把握し、必要な補正を行うこと

温室内の温度ムラの有無や温度差を確認したうえで、これらを改善するため、送風ダクト、循環扇を有効に利用しましょう。

① 送風ダクトの適切な配置

右図は基本的な主ダクト、分枝ダクトの配置例ですが、温室において温度ムラを改善するためには、いくつかの工夫が必要です。

- 厚みのないポリダクトを使用する場合、送風ダクトの表面からの放熱が大きいため、暖房機付近では温風の吹き出し量を少なく、遠くでは吹き出し量を多くする等の工夫が必要。
- 温室内で冷え込みが厳しい箇所では送風ダクトの本数を増やしたり、吹き出し穴の大きさ・間隔を増やす等の工夫が必要。
- 主ダクトの直径や分枝ダクトの本数・直径は暖房機の送風量に応じて選択する必要があるため、事前に暖房機の取扱説明書での確認が必要。



送風ダクトの設置方法（例）

下吹き出しのダクトの設置例

上吹き出しのダクトの設置例

以上のとおり、温風暖房では送風ダクトの配置や吹き出し穴の大きさ・間隔を工夫して温度ムラの改善を図りますが、これだけで温室内の作物に影響が生じない程度の温度ムラに抑えることは容易ではありません。

このため、循環扇をうまく配置して温室内に大きな空気の流れをつくり、温度ムラを改善することが有効と考えられます。

② 循環扇の適切な配置

暖房時の温室では暖房機や温風ダクト周辺の空気が暖められて上昇し、天井面に沿って流れるうちに冷やされて下降し、上昇気流が生じているところに向かって流れるという対流が起きています。

このため、上昇気流付近は高温に、下降気流付近は低温になることにより、温度ムラが生じてしまいます。

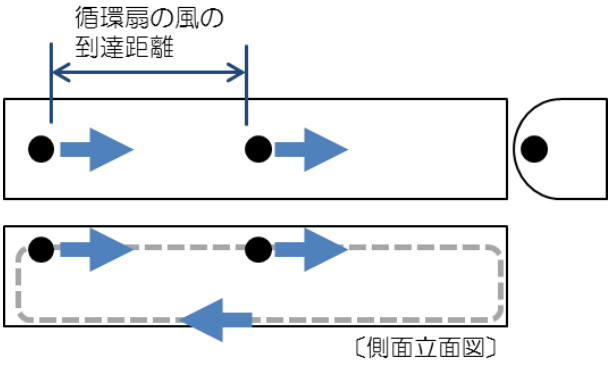
循環扇は温室内に水平方向の流れ（強制対流）をつくることによって、暖房時の自然対流による温度ムラを改善するタイプのものが多く、この場合、自然対流よりも強い強制対流をつくり出すための配置が重要になります。

● 循環扇の配置のポイント

循環扇の正面では強い風が吹くため、栽培作物に風が直接当たらないような位置（一般的には作物の最頂部と温室の天井部の間）に設置しましょう。

右上図のように、風の到達距離を目安に循環扇の設置間隔を設定しましょう。

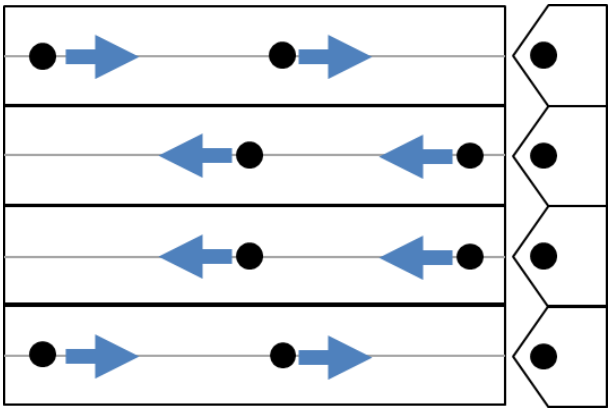
単棟ハウスなど間口の狭い温室の場合には、同一方向に送風して温室の下層部で戻りの気流が形成されるように設置しましょう。



間口の狭い温室の循環扇の設置（例）

一方、連棟ハウスなど間口の広い温室の場合には、右下図のように複数の対流の渦が形成されるように設置すると効果的であるとされています。

循環扇を設置することによって温度ムラの改善だけでなく、多湿病害の抑制や光合成促進の効果も期待できるため、それぞれの温室に適した配置方法を工夫しながら効果的な省エネルギー対策に取り組みましょう。



間口の広い温室の循環扇の設置（例）

４ 多段サーモ機能を活用した変温管理

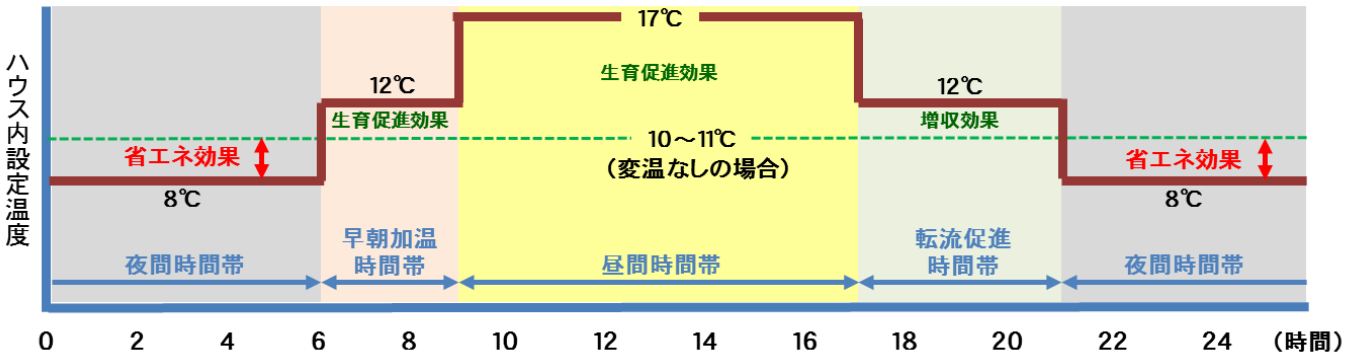
多段サーモ装置

①　多段サーモ装置による変温管理

複数の温度設定が可能な多段サーモ装置を活用することで作物の生理に合わせた一日の温度管理（変温管理）を行うことが可能となり、恒温管理（変温なし）に比べて作物の生育促進と省エネルギー化が期待できます。

下図のとおり、一般的な恒温管理（変温なし）では夜温を一定に保つよう暖房するのに対し、変温管理では夕方、夜中、早朝と設定温度を変化させます。

これは、夜中の呼吸抑制や早朝の光合成促進等に合わせて温度調整を行う技術で、夜間の設定温度を引き下げることにより省エネ効果が得られます。



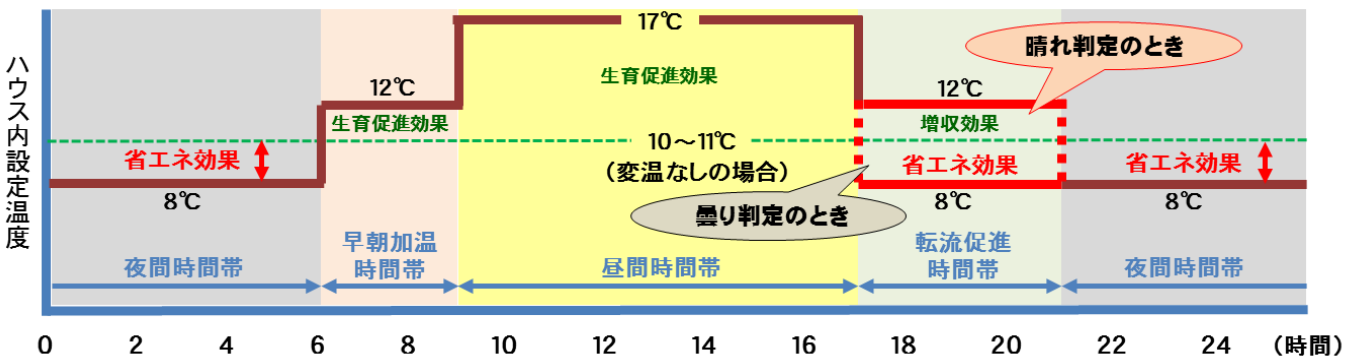
多段サーモ装置による変温管理の温度設定（例）

②　日射演算機能の付加

変温管理機能に日射演算機能を付加※させることで、晴れの日と曇りや雨の日の転流促進時間帯の温度を変化させ、光合成の促進やさらなる省エネ効果が期待できます。

※ 日射演算機能付きの環境制御装置及び日射センサーが必要です

日射センサー

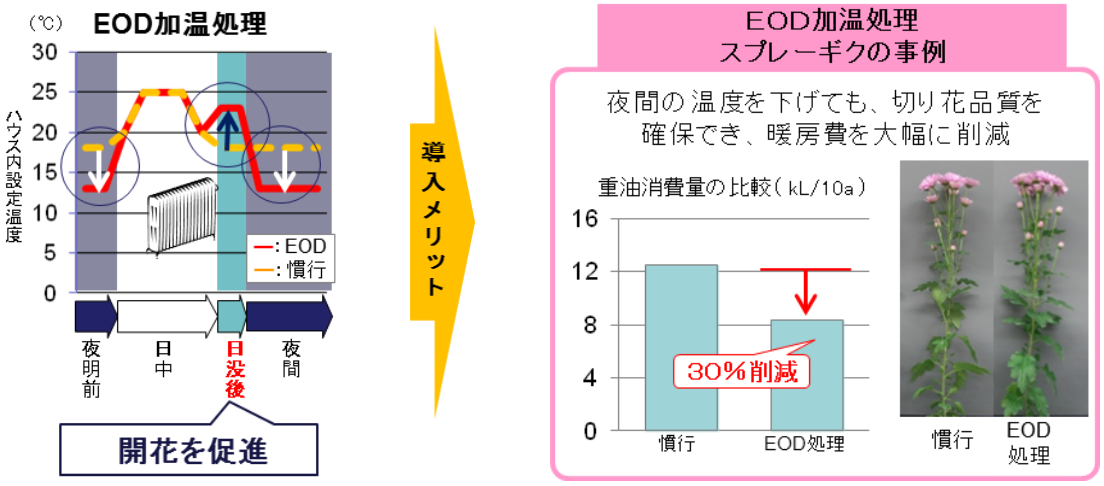


日射演算機能付き環境制御装置による変温管理の温度設定（例）

変温管理を行う際は、栽培作物の収量・品質が低下しないように留意する必要があります。各品目の試験研究結果等を参考にして適正な温度管理を行いましょう。

【参考】　花き生産における日没後（EOD）加温技術
※今後、普及が予想される技術

温度や光に対する感受性の高い日没後の時間帯（End of Day：EOD）に温室内の設定温度を高めると夜間を低温管理にしても生育・開花が確保され、栽培期間中の燃料使用量を削減が可能となります（EOD加温処理）。



出典：「農業新技術2013」

5 作物の局所加温技術　※今後、普及が予想される技術

温室全体の管理温度は低めに設定し、作物の根圏や生長点を局所的に加温することにより、燃料消費量の低減など省エネ効果が期待できます。

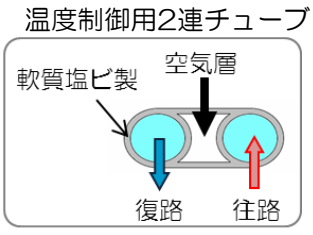
①　イチゴのクラウン温度制御技術

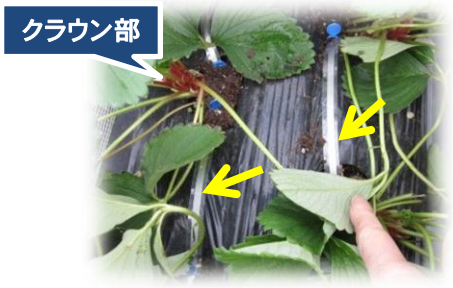
冬の低温期にイチゴの生長点が集中する株元（クラウン部）を局所的に20℃前後に維持することで温室内の夜間管理温度を低く設定することが可能となり、収量増や果実肥大が促進されるとともに、暖房経費を大幅に削減できます。

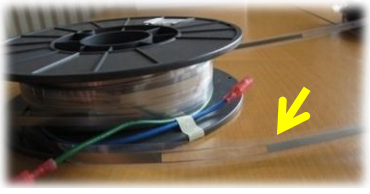
クラウン温度制御では、ヒートポンプによる冷温水製造装置と２連チューブを組み合わせた装置や、テープ状の加熱器（「テープヒーター」）によりクラウン部を加温する方法等が開発されています。

装置の導入コストが必要になりますが、収量の増加や燃料コスト低減により所得向上が期待できます。

冷温水製造装置





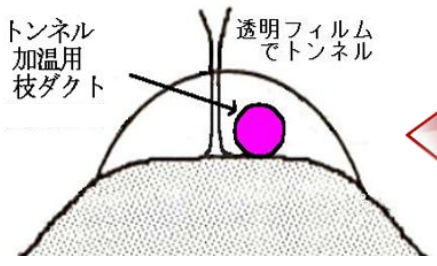


テープヒーター

出典：「農業新技術2009」

②　ナスの株元加温技術

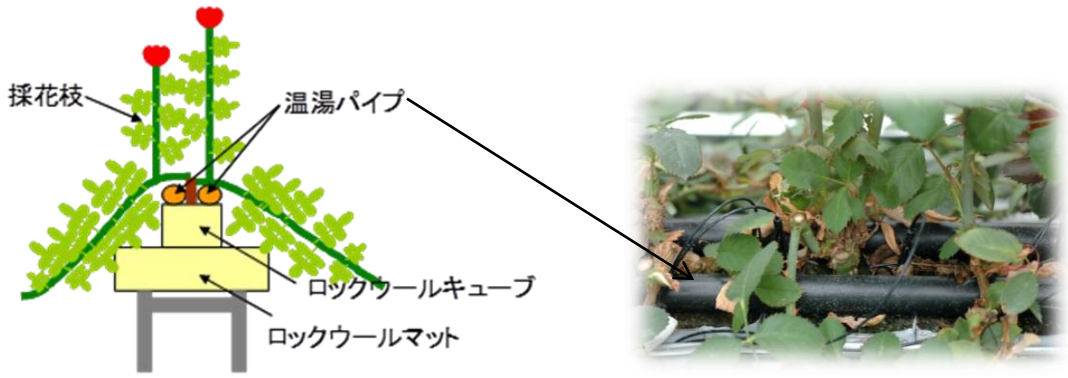
ナスの畝上に設置した透明フィルムのトンネル内に送風ダクトを挿入する「ダクト加温」により、株元を局所的に加温することで12月以降の収量を確保するとともに、慣行よりも温室内設定温度を下げることで燃油コストの低減が期待できます。



出典：（独）農研機構
九州沖縄農業研究センター資料

③　バラの株元加温技術

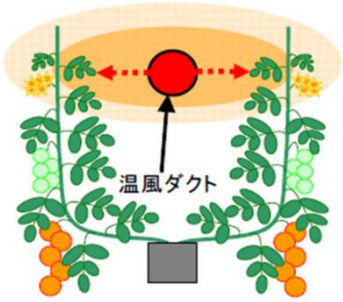
施設バラ栽培において、株元に温湯パイプを設置した加温システムを導入することにより暖房効率を高め、バラの出芽・伸長の促進、高品質な切り花の採花とともに、省エネ効果が期待できます。

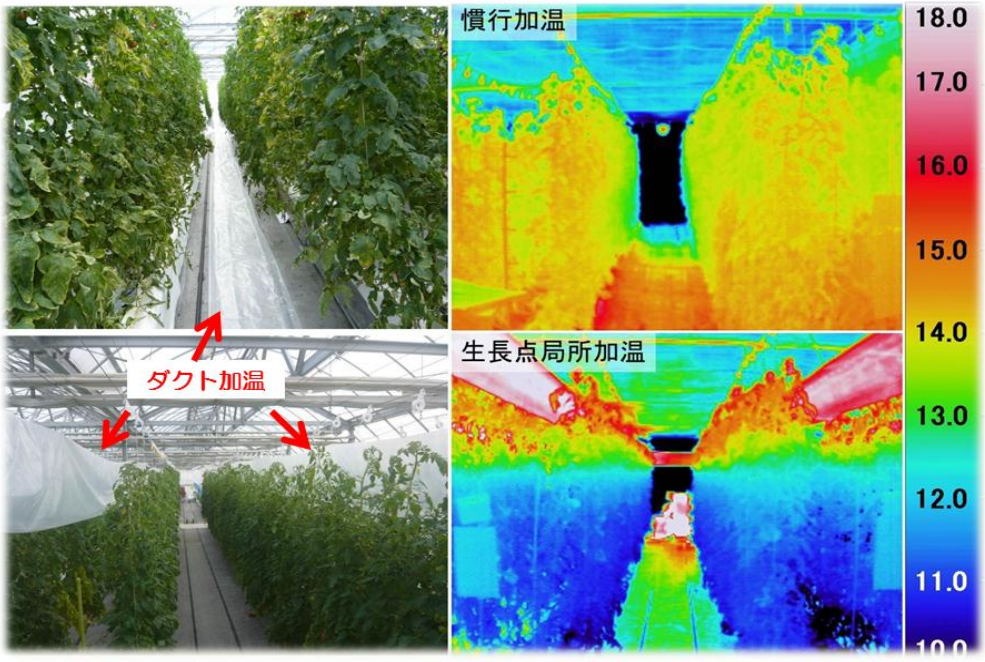


出典：神奈川県農業技術センター資料

④　トマトの生長点加温技術

通常は、温室の通路上に配置する送風ダクトをトマト群落上に吊り下げて生長点付近を加温することにより、慣行栽培方法と比較して収量の低下を招くことなく省エネ効果が期待できます。





植物体表面の垂直温度分布の比較（℃）
【１月中旬、夜間】

出典：（独）農研機構
野菜茶業研究所資料

あとがき

「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル」及び「施設園芸省エネルギー生産管理チェックシート」の改定にあたっては、学識経験者、施設園芸関係者等からなる施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル等検討委員会を設置し、専門的見地から検討していただきました。

施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル等検討委員会委員名簿

【検討委員会委員】　（敬称略、五十音順）（所属及び役職は平成25年12月現在）

川嶋　浩樹（かわしま　ひろき）	農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センター傾斜地園芸研究領域主任研究員
黒川　和哉（くろかわ　かずや）	株式会社イーズ営業本部長
築部　孝（つくべ　たかし）	一般社団法人日本施設園芸協会開発部長
林　真紀夫（はやし　まきお）	東海大学開発工学部教授
日髙　正裕（ひだか　まさひろ）	宮崎県農政水産部農産園芸課長
広本　直樹（ひろもと　なおき）	ＪＡ全農営農販売企画部営農・技術センター生産資材研究室長
三木　聡（みき　さとし）	株式会社相愛木質バイオマス事業課長
武藤　明義（むとう　あきよし）	ネポン株式会社営業本部営業部農用グループ主任

【意見聴取者】

大山　寛（おおやま　ゆたか）	全国野菜園芸技術研究会会長

このマニュアルに関するご意見・ご質問につきましては、お手数ですが、下記担当までお問い合わせください。

農林水産省生産局農産部農業環境対策課 資源循環推進班
TEL　03-3593-6495